

Cvičení č.3 - Stanovení rozdělení velikosti částic

Řada procesů a operací v technologii silikátů probíhá se zrnitými soustavami. Vlastnosti těchto soustav určují nejen látkové charakteristiky zrn, ale i velikost, tvar, způsob uložení a jejich vzájemné silové působení.

Všechny systémy, které se skládají alespoň ze dvou druhů částic nebo fází, se nazývají disperzní soustavy. Spojité je disperzní prostředí (dispergens), disperzní podíl (dispersum) je většinou nespojitý. Jemnost, s jakou je disperzní podíl rozptýlen v disperzním prostředí, je charakterizována velikostí částice. Disperzní soustavy se dělí podle počtu fází, velikosti částic, tvaru částic a skupenství disperzního prostředí a disperzního podílu.

Rozdělení disperzních systémů podle počtu fází:

1. soustavy homogenní – disperzní podíl i disperzní prostředí tvoří jednu fázi, jsou to pravé a lyofilní koloidní roztoky, vznikají samovolně a jsou stálé
2. soustavy heterogenní – disperzní podíl je od disperzního prostředí oddělen fázovým rozhraním, čím jsou částice menší, tím větší je plocha fázového rozhraní a tím více se uplatňuje její vliv na chování soustavy. Nevznikají samovolně, k jejich vzniku je třeba dodat soustavě práci, jsou nestálé, samovolně zanikají, např. tavenina čisté látky

Rozdělení disperzních systémů podle velikosti částic:

1. hrubě disperzní soustavy – makrodisperzní - částice nad $5 \cdot 10^{-5}$ m
mikrodisperzní - $5 \cdot 10^{-5}$ m až 10^{-6} m

Částečky obsahují více než 10^8 atomů, jsou zachycovány papírovým filtrem, nedifundují a nevyvolávají osmotický tlak, vykonávají Brownův pohyb, jsou pozorovatelné mikroskopem, systém je polydisperzní, jsou heterogenní.

2. koloidně disperzní soustavy – částice 10^{-6} m až $5 \cdot 10^{-9}$ m
lyofobní koloidy – vždy dvou a více fázové
lyofilní koloidy – tvoří pravé roztoky

Částečky obsahují 10^3 až 10^9 atomů, procházejí papírovým filtrem, difundují a vyvolávají měřitelný osmotický tlak, vykonávají intenzivní Brownův pohyb, jsou pozorovatelné v ultramikroskopu a elektronovém mikroskopu, systém může být heterogenní (lyofilní koloidy) nebo homogenní (lyofilní koloidy).

3. analytické disperzní systémy – rozměr částic menší než $5 \cdot 10^{-9}$ m

Částečky obsahují 2 až 10^3 atomů, snadno difundují a vyvolávají měřitelný osmotický tlak, vykonávají velmi intenzivní tepelný pohyb, nejsou pozorovatelné ani v elektronovém

mikroskopu, molekuly nebo ionty mají jednotnou stavbu a velikost, jsou vždy homogenní a tvoří pravé roztoky.

Velikost částice může být udána hmotností, objemem, plochou nebo význačným lineárním rozměrem. Jednoznačnost jediného údaje je omezena na monodisperzní soustavy, tedy soustavy se stejně velkými izometrickými částicemi. Systémy s částicemi různých velikostí se nazývají polydisperzní, charakterizují se vhodnou střední hodnotou, nejlépe však rozdělovací funkcí velikosti částic.

Geometrie částic: kulovité částice monodisperzního solu lze jednoduše popsat pomocí jediného parametru a to lineárního rozměru. Tedy, je-li známa hustota materiálu, dostaneme hmotnost částice. Tento případ se vyskytuje velmi zřídka (polymerizace latexů).

Mnohé tuhé částice nejsou sice kulovité, ale charakterizuje je vysoký stupeň symetrie a často se aproximují koulí. Látky tvořené sice nepravidelnými, ale symetrickými částicemi, bývají popisovány charakteristickým rozměrem, který se nazývá průměr. Nejlépe lze částici popsat jako rotační elipsoid – vzniká rotací elipsy kolem jedné z jejích os (a), pro $a > b$ se částice nazývají protáhlý elipsoid, pro $a < b$ zploštělý elipsoid, je-li $a \gg b$ protáhlý elipsoid se aproximuje válcem, při $a \ll b$ se aproximuje zploštělý elipsoid kotoučem.

Jediným realistickým přístupem k disperzním systémům je předpoklad, že je tento systém polydisperzní. Zastoupení částic o určité velikosti v polydisperzních systémech udávají rozdělovací funkce, přičemž velikost částice může být vyjádřena poloměrem, objemem, hmotností částic atd., *diferenciální rozdělovací funkce* $F(r)$ - udává podíl částic, které mají poloměr větší nebo rovný $r+dr$

$$\int_0^{\infty} F(r) dr = 1$$

Integrální rozdělovací funkce $Q(r)$ – udává podíl částic, které mají poloměr větší nebo rovný r

$$Q(r) = \int_0^{\infty} F(r) dr = 1 - \int_0^r F(r) dr$$

$$\frac{dQ(r)}{dr} = -F(r)$$

Střední rozměr částic polydisperzního systému lze vyjádřit vztahem

$$\bar{r} = \int_0^{\infty} r * F(r) dr$$

Pro zrnitostní rozbory, jejichž úkolem je určení rozdělení velikosti částic, existuje celá řada metod. Nejznámější jsou síťový rozbor, sedimentační analýza a fyzikální sorpce plynů.

Prosévání se provádí u látek sypkých, zeminy je nutné nejdříve rozpojit ve vodě.

Podíly (m) prošlé jednotlivými sítí (x_i) se vyjádří v % celkové hmotnosti materiálu M

$$p_i = \frac{m_i}{M} * 100\% \quad M = \sum_{i=1}^k m_i (g),$$

kde p_i je hmotnostní procentický podíl frakce $/x_{i-1}-x_i/$, m_i je hmotnost frakce $/x_{i-1}-x_i/$ (g), M je celková hmotnost všech frakcí (g), i je index síta, číslování počíná sítím nejjemnějším, k je nejhrubší použité síto.

Postupným sčítáním podílů p_i počíná nejjemnější frakcí $/x_0-x_1/$ se získají propadové podíly D_n (%) pro síto n , sčítáním počínaje nejhrubší frakcí $/x_{k-1}-x_k/$ se dostanou zbytkové podíly R_n (%),

$$D_n = \sum_{i=1}^n p_i (\%) \quad R_n = \sum_{i=n+1}^k p_i (\%)$$

Protože celkový zbytek a propad pro totéž síto dávají 100%, počítají se zpravidla zbytky ze vztahu $R_n=100-D_n$ (%).

Vydělením podílů p_i příslušným intervalem $/x_{i-1}-x_i/$ se dostane podíl připadající na jednotkovou šíři frakce, čili hustota rozdělení zvaná četnost, která se přiřazuje zpravidla aritmetickému průměru nebo geometrickému průměru mezi frakce

$$\frac{p_i}{/x_{i-1}/} = \frac{p_i}{x_i} \left(\frac{\%}{mm} \right) \dots \bar{x}_i = \frac{x_{x-1} + x_i}{2}; x^* = \sqrt{x_{i-1} * x_i}$$

Vynesením D_n proti velikostem x_n a spojením bodů plynulou čarou se dostane graf propadové funkce $y(x)$. Obdobně z R_n se dostane zbytková funkce $y_R(x)$. Tyto integrační funkce se nazývají distribuční funkce.

Vynesením četností proti frakčním intervalům se dostane četnostní histogram, jejich vynesením proti průměrům frakcí četností polygon. Spojením jeho bodů plynulou čarou se získá četnostní křivka-graf frekvenční funkce.

Tento graf je možné získat také derivací distribuční funkce, jak plyne ze vztahu

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{p}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{y}{\Delta x} = \frac{dy}{dx} = y'(x)$$

Úkol 1: Sítovým rozbořem proved'te určení rozdělení velikosti částic zadaného materiálu. Získané výsledky vyjádřete graficky, pomocí čáry zrnitosti.

Poznámka: pro sestřžení čáry zrnitosti použijte Tab. 1.

Naváží se asi 100 cm³ suchého vzorku, asi 100-200g, s přesností 0,1 g. Vzorek se převede na síťovou sadu a prosévá se na mechanickém vibračním zařízení 5-10 minut, dokončí se ručním prosetím. Zrnka zaklíněná v okách síta se uvolňují poklepem, nebo štětcem proti směru propadu a přidávají se k nadsítnému. Podíly se váží s přesností 0,1%. Celková hmotnost se nemá lišit více než o 0,5 % od navážky vzorku.

Úkol 2: Vypočtete modul zrnitosti (jemnosti) měřeného materiálu.

Poznámka: Modul zrnitosti je definovaný jako setina ze sumy celkových zbytků. Velikost modulu zrnitosti závisí na druhu a počtu použitých sít. Při uvádění hodnoty modulu je proto nezbytné uvést použitá síta.

Tabulka 1

| Velikost síta | Dílčí zbytky | | Celkové zbytky | Celkové propady |
|----------------|--------------|-----|----------------|-----------------|
| | g | % | | |
| 64 | 100 | 5 | 5 | 95 |
| 32 | 200 | 10 | 15 | 85 |
| 16 | 500 | 25 | 40 | 60 |
| 8 | 800 | 40 | 80 | 20 |
| 4 | 200 | 10 | 90 | 10 |
| 2 | 100 | 5 | 95 | 5 |
| 1 | 0 | 0 | 95 | 5 |
| <1 | 100 | 5 | 100 | 0 |
| Součet | 2 000 | 100 | - | - |
| Modul jemnosti | | | 2,85 | |